



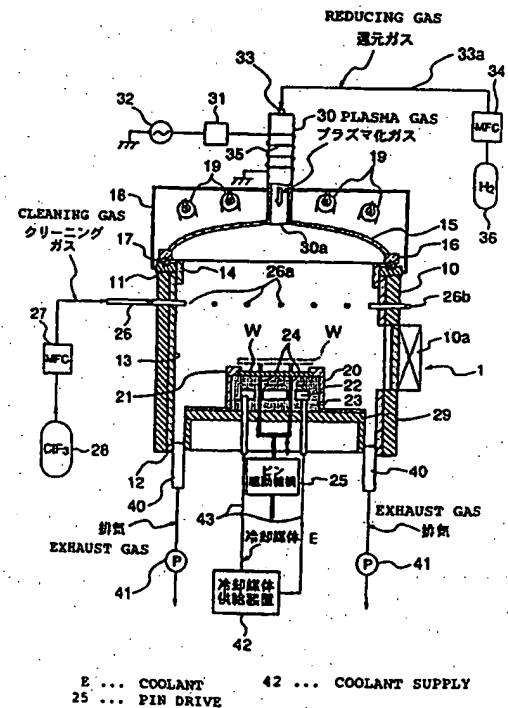
(51) 国際特許分類7 H01L 21/304, 21/302	A1	(11) 国際公開番号 WO00/22660
		(43) 国際公開日 2000年4月20日(20.04.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/05676		(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)
(22) 国際出願日 1999年10月14日(14.10.99)		添付公開書類 国際調査報告書
(30) 優先権データ 特願平10/291867 1998年10月14日(14.10.98) JP		
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)[JP/JP] 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo, (JP)		
(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 小林保男(KOBAYASHI, Yasuo)[JP/JP] 〒407-0024 山梨県韮崎市本町1-6-2 Yamanashi, (JP)		
(74) 代理人 佐藤一雄, 外(SATO, Kazuo et al.) 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo, (JP)		

(54)Title: METHOD AND APPARATUS FOR SURFACE TREATMENT

(54)発明の名称 表面処理方法及びその装置

(57) Abstract

A method of surface treatment is provided for use in manufacture of semiconductor devices to improve the reliability of the devices. This method comprises carrying a wafer (W) to be processed into a reactor (10), supplying the reactor (10) with  $\text{ClF}_3$  gas as a cleaning gas from the supply source (26) to allow the wafer (W) to adsorb the  $\text{ClF}_3$  gas, stopping the supply of the  $\text{ClF}_3$  gas to the reactor (10), and cleaning the surface of the wafer with the  $\text{ClF}_3$  gas adsorbed on it. The method further comprises introducing a reducing gas to the reactor (10) to remove  $\text{ClF}_3$ -derived chlorine from the surface of the wafer (W), stopping the supply of the reducing gas, and carrying the cleaned wafer (W) out of the reactor (10). A cluster device is composed of an arrangement in which a surface treatment device (1) and other apparatus are communicating with each other in a vacuum.



(57)要約

半導体素子等の製造工程に用いた場合に、製品の信頼性を向上させることが可能な表面処理方法及びその装置を提供する。この表面処理方法は、被処理体Wを処理容器10に搬入し、 $ClF_3$ ガスをクリーニングガスとして供給部26から処理容器10内に導入し、 $ClF_3$ ガスを被処理体W表面に吸着させ、 $ClF_3$ ガスの処理容器10への導入を停止し、被処理体W表面に吸着した $ClF_3$ ガスによって被処理体の表面をクリーニングする。次いで、還元ガスを処理容器W内に導入して被処理体W表面から $ClF_3$ ガスに由来する塩素を除去した後、還元ガスの導入を停止し、クリーニング後の被処理体Wを処理容器10から搬出する。また、表面処理装置1と他の処理装置とを互いに真空搬送可能に配設してクラス装置を構成する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	RU ロシア
AL アルバニア	EE エストニア	LC セントルシア	SD スーダン
AM アルメニア	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SE スウェーデン
AT オーストリア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SG シンガポール
AU オーストラリア	FR フランス	LR リベリア	SI スロヴェニア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LS レント	SK スロヴァキア
HA ハンガリー	GB 英国	LT リトアニア	SL シエラ・レオネ
BB バルバドス	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SN セネガル
BE ベルギー	GE グルジア	LV ラトヴィア	SZ スワジランド
BF ブルキナ・ファソ	GH ガーナ	MA モロッコ	TD チャード
BG ブルガリア	GM ガンビア	MC モナコ	TG トーゴ
BJ ベナン	GN ギニア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BR ブラジル	GW ギニア・ビサウ	MG マダガスカル	TZ タンザニア
BY ベラルーシ	GR ギリシャ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM トルクメニスタン
CA カナダ	HR クロアチア	ML マリ	TR トルコ
CC 中央アフリカ	HU ハンガリー	MN モンゴル	TT トリニダード・トバゴ
CG コンゴ	ID インドネシア	MR モーリタニア	UA ウクライナ
CH スイス	IE アイルランド	MW マラウイ	UG ウガンダ
CI コートジボアール	IL イスラエル	MX メキシコ	US 米国
CM カメルーン	IN インド	NE ニジェール	UZ ウズベキスタン
CN 中国	IS アイスランド	NL オランダ	VN ヴェトナム
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NO ノールウェー	YC ユーゴスラビア
CU キューバ	JP 日本	NZ ニュー・ジーランド	ZA 南アフリカ共和国
CY キプロス	KE ケニア	PL ポーランド	ZW ジンバブエ
CZ チェッコ	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DK デンマーク	KR 韓国		

## 明 細 書

## 表面処理方法及びその装置

## 技術分野

本発明は、被処理体、例えば半導体ウエハの表面をクリーニングする表面処理方法及びそれに用いる表面処理装置に関する。

## 背景技術

一般に、半導体集積回路（半導体素子）を製造するためには、被処理体である半導体ウエハ等の基板に対して所定の成膜とパターンエッチング等を繰り返して行ない、多数の所望の素子を形成するようになっている。

ところで、このように被処理体（基板）に対して各種の処理工程を行うに当たって、被処理体、例えば半導体ウエハ（以下“ウエハ”という）を各処理装置間で搬送する必要があることから、ウエハが大気に曝されることが避けられなかった。そのため、ウエハ表面の大気に曝される部分（例えば、コンタクトホール底のシリコン基板の露出部や、ビアホール底の金属層の露出部等）に、それら露出部と大気中の酸素や水分とが反応することによって、いわゆる自然酸化膜が発生し易かった。また、ウェット洗浄（例えばRCA洗浄）の薬液と前述の露出部が反応することにより、その表面に化学酸化物（Chemical Oxide）が発生するおそれがあった。また、各種の処理工程や、各処理装置間の搬送の間に、ウエハ表面が金属等で汚染されるおそれもあった。

このような自然酸化膜及び化学酸化物を含めた酸化物（以下、総称して“自然酸化物”という）や金属汚染は、半導体素子の特性、例えば電気的特性等を劣化させることから、ウエハへの成膜工程等の前処理として、酸化物や金属汚染等をウエハ表面から除去してウエハ表面をクリーニングする表面処理が行なわれている。

自然酸化膜等を除去するこの種の表面処理は、従来は、ウエハをHF溶液等の薬液中に浸漬して自然酸化膜等をウエハの表面より除去する、いわゆるウェット

洗浄（例えばRCA洗浄）が一般的に行われてきた。しかしながら、半導体素子の高集積化及び高微細化が進むにつれて、素子サイズ、例えばその線幅やコンタクトホール径等も微細となり、例えばコンタクトホールのアスペクトレシオが大となるとともにその径は $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度、あるいはそれ以下（例えば、 $0.12 \mu\text{m}$ ）になりつつある。この微細化のために、ウェット洗浄中、薬液がこのような微細なコンタクトホール内に十分に浸み込まなかったり、あるいはこれとは逆にこの中に浸み込んだ薬液がその表面張力のためにこのコンタクトホール内から排出できない事態が生じていた。このためコンタクトホールの底部に発生した自然酸化膜を十分に除去することができないとする致命的な問題点が生じていた。

また、複数層からなる積層構造体をウェット洗浄する場合、そのコンタクトホール壁のエッチングレートが層毎に異なることから、ホール壁面に凹凸が発生する等の問題点があった。

添付した図8A及び図8Bは、例えばシリコン材（Si）からなるウエハWの表面に形成されたドレインやソースに電氣的コンタクトをとるためのコンタクトホール202を示していて、図8Aに示すホール径Dは、 $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度である。このホール202の多層構造の壁面は、図8Aに示すように、異なる成膜工程で形成された、例えば3層構造の、シリコン酸化膜（ $\text{SiO}_2$ ）よりなっている。ここで、例えば、ウエハW表面に成膜された第1層目の $\text{SiO}_2$ 膜204は、熱酸化により形成された膜であり、第2層目の $\text{SiO}_2$ 膜206は、スピンコート法により形成されたリンドープドガラスであり、また第3層目の $\text{SiO}_2$ 膜208は、シリカガラスにより形成されている。そして、図8Aに示すように、コンタクトホール202の底部に自然酸化膜210が発生している。

このような3層構造の成膜層においては、各層を構成する $\text{SiO}_2$ 膜204、206、208は、ウェット洗浄する際、薬液に対するエッチング速度がそれぞれ異なっている。そのため、ウェット洗浄によって自然酸化膜210を除去した後には、図8Bに示すように、ホール202の側壁に、前述したエッチング速度の差に起因して凹凸209が発生したり、あるいは薬液が浸入し易い各層間の境界部分が過度に削り取られてしまう（切込み部分参照）といった問題点が従来の

ウェット洗浄にあった。

そこで、このような従来のウェット洗浄のもつ問題点を解決するために、薬液によるウェット洗浄に代えて、エッチングガスを用いて自然酸化膜を除去する、いわゆるドライ洗浄（エッチング）法が種々提案されている（例えば、特開平4-206526号公報、特開平6-196455号公報参照）。

一般にドライ洗浄による自然酸化膜除去法としてアルゴンガスと $H_2$ ガスによるスパッタエッチングが用いられている。

さらに、例えば、上記した特開平4-206526号公報に示す半導体ウエハのスルーホール金属穴埋め方法においては、前処理室で下地金属の一部を露出させた露出下地の前処理、とくにその金属膜の表面に存在する酸化膜を $ClF_3$ ガスを供給・加熱してライトエッチングし、いわゆる自然酸化膜等の除去を行っている。そして、この前処理したウエハを大気に曝すことなく、搬送手段により前処理室から成膜室へ搬送して金属の選択CVD処理を行うようになっている。

また、上記した特開平6-196455号公報に示すウエハの処理方法では、ウエハを $ClF_3$ ガスと $H_2$ ガスとの混合ガス雰囲気に入れ、この混合ガスに紫外線を照射してウエハ上に発生した自然酸化膜をウエハを加熱することなく除去している。

しかしながら、従来のアルゴンガスと水素ガスによるスパッタエッチング法ではウエハのコンタクトへの損傷のおそれがあり、低エネルギーのドライ洗浄が要求されていた。

また、公知の $ClF_3$ ガスによるウエハのクリーニングは、次の問題点を有していた。

すなわち、クリーニングに用いた $ClF_3$ ガスに由来する塩素によって、ウエハ上の金属膜等が腐蝕されて、製品としての半導体素子の歩留まり、信頼性が低下するという問題点があった。つまり、 $ClF_3$ ガスは塩素含有ガスであるため、 $ClF_3$ ガスを用いてウエハ表面のクリーニングを行った後には、例えば、その表面に存在するシリコンや金属等の原子と結合した塩素原子というかたちで、塩素がウエハ上に残留し、この残留塩素によって、ウエハ上に形成された金属膜等（例えば半導体素子の配線として機能する）が腐蝕されるので、半導体素子の電

气的特性等が劣化し、製品である半導体素子の信頼性、歩留まりが低下することになる。

また、 $\text{ClF}_3$  ガスによる反応が過度に進行して、ウエハへのダメージを招来させ、製品としての半導体素子の歩留まり、信頼性が低下するという問題点もあった。つまり、 $\text{ClF}_3$  ガスを用いてウエハ表面のクリーニングを行った後には、自然酸化物等だけでなく、ウエハ上に形成された、例えば、 $\text{SiO}_2$  等の絶縁膜、 $\text{Al}$  などの金属膜も  $\text{ClF}_3$  ガスと反応してエッチングされてしまう。そして、例えば、半導体素子の層間絶縁膜として機能する絶縁膜や半導体素子の配線として機能する金属膜等が過度にエッチングされると、半導体素子の電気的特性等が劣化し、製品である半導体素子の信頼性、歩留まりが低下することになる。

本発明は、このような従来の被処理体表面のクリーニングのもつ問題点に鑑みてなされたもので、半導体素子等の製造工程において用いられた場合に製品の信頼性を向上させることが可能な表面処理方法及びその装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

上記目的を達成するために、請求の範囲第1項に係る発明は、 $\text{ClF}_3$  ガスを用いて被処理体の表面をクリーニングする工程と、クリーニング工程で被処理体の表面に残留した  $\text{ClF}_3$  ガスに由来する塩素を該表面から除去する塩素除去工程とを有することを特徴とする。

請求の範囲第2項に係る発明は、塩素除去工程が還元ガスを用いて塩素を被処理体の表面から除去する工程を有することを特徴とする。

請求の範囲第3項に係る発明は、還元ガスが  $\text{H}_2$  ガスであることを特徴とする。

請求の範囲第4項に係る発明は、被処理体の表面に  $\text{ClF}_3$  ガスを供給して被処理体の表面に  $\text{ClF}_3$  ガスを吸着させる吸着工程と、 $\text{ClF}_3$  ガスの被処理体表面への供給を停止する工程と、被処理体の表面に吸着した  $\text{ClF}_3$  ガスを用いて被処理体の表面をクリーニングする工程とを有することを特徴とする。

請求の範囲第5項に係る発明は、吸着工程において、被処理体を  $20^\circ\text{C}$  以下に冷却することを特徴とする。

請求の範囲第 6 項に係る発明は、内部に被処理体が配置される処理容器と、処理容器内に C l F<sub>3</sub> ガスを供給する手段と、供給した C l F<sub>3</sub> ガスを活性化する手段と、処理容器内に還元ガスを供給する手段とを備えることを特徴とする。

請求の範囲第 7 項に係る発明は、内部に被処理体が配置される処理容器と、処理容器内に C l F<sub>3</sub> ガスを供給する手段と、被処理体への C l F<sub>3</sub> ガスの吸着を促進する手段と、供給した C l F<sub>3</sub> ガスを活性化する手段とを備えることを特徴とする。

請求の範囲第 8 項に係る発明は、処理容器内に設けられ、被処理体を載置する載置台を備えることを特徴とする。

請求の範囲第 9 項に係る発明は、被処理体への C l F<sub>3</sub> ガスの吸着を促進する手段が、載置台に内设され、かつ該載置台上に載置された被処理体を冷却する手段であることを特徴とする。

請求の範囲第 1 0 項に係る発明は、C l F<sub>3</sub> ガスを活性化する手段が載置台の被処理体載置部から離間した加熱位置で被処理体を加熱する手段であることを特徴とする。

請求の範囲第 1 1 項に係る発明は、被処理体載置部と加熱位置との間で被処理体を昇降させる手段を備えることを特徴とする。

請求の範囲第 1 2 項に係る発明は、請求の範囲第 6 項から第 1 1 項のいずれか 1 項に記載の表面処理装置と、内部を非反応性雰囲気に維持することが可能であり、かつ表面処理装置との間で被処理体を非反応性雰囲気中で搬送可能に設けられた搬送チャンバと、搬送チャンバとの間で被処理体を非反応性雰囲気中で搬送可能に設けられた 1 個あるいは複数個の他の処理装置とを備えることを特徴とする。

請求の範囲第 1 3 項に係る発明は、他の処理装置が被処理体上に金属配線を形成するための金属配線形成チャンバであることを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の表面処理装置の一実施の形態の模式構成図である。

図 2 A 及び図 2 B は、図 1 に示した表面処理装置に用いられるウエハーリフト

機構を示し、図 2 A はその平面図、図 2 B はその側面図を示す。

図 3 A 及び図 3 B は、図 1 に示した表面処理装置に用いる C I F<sub>3</sub> ガス供給部（シャワーヘッド）の変形例を示し、図 3 A は、リング状のシャワーヘッドを、また、図 3 B は、格子状のシャワーヘッドをウエハ載置台側から見た状態を示す平面図である。

図 4 は、本発明の表面処理方法の一実施の形態の各工程を示すフローチャートである。

図 5 A、図 5 B 及び図 5 C は、本発明の表面処理方法の一実施の形態の工程を示す図であって、図 5 A は、ウエハに付着した自然酸化物の付着状態の拡大図、図 5 B は、ウエハ上に C I F<sub>3</sub> ガスが吸着した状態の拡大図、図 5 C は、プラズマにより活性化した還元ガス（H<sub>2</sub> ガス）によって残留塩素を除去する状態の拡大模式図である。

図 6 A 及び図 6 B は、ウエハ載置台の他の例を示す図であって、図 6 A はその平面図、図 6 B はその正断面図である。

図 7 は、図 1 に示した本発明の一実施の形態である表面処理装置を真空クリーニング装置として用いて加熱装置、配線形成装置及び冷却装置と組合せて構成した真空クラスタ装置の概念図である。

図 8 A 及び図 8 B は、自然酸化膜を除去する従来の表面処理方法を説明する図であって、図 8 A は、ウエハのコンタクトホール202の底部に生成された自然酸化膜の付着状態を示す拡大図、図 8 B は、コンタクトホール202の側壁に凹凸等が形成された状態を示す拡大模式図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の表面処理方法とそれに用いる表面処理装置の一実施の形態を添付した図面を参照して説明する。

#### 表面処理装置の構成

図 1 は、本発明の表面処理装置の実施形態の一例を示す概念構成図である。図 1 に示す表面処理装置（クリーニング装置）1 は、半導体素子等の製造工程において、例えば、コンタクトホール202（図 8 A 参照）等が形成されたウエハ W



(被処理体)の表面のクリーニングに用いられるものである。このクリーニングによって、コンタクトホール202等の底部の表面に発生した自然酸化膜あるいは化学酸化物のような酸化物であって、その膜厚が10～20オングストローム程度の酸化物(以下、「自然酸化物」という)、あるいは、コンタクトホール202等の底部や側壁部の表面に付着した、例えば金属等の汚染物が除去される。

そして、表面処理装置1は、 $H_2$ ガス等の還元ガスをプラズマ化して活性化するプラズマ形成管30と、被処理体であるウエハWを収容してその表面のクリーニングを行うために所定の表面処理をする処理(反応)容器10と、この処理容器10内にクリーニングガスとしての $ClF_3$ 混合ガスを供給するクリーニングガス供給管26と、から主に構成されている。

処理容器10は、アルミニウム材料からなり、その内壁には石英( $SiO_2$ )ライニング13, 14が張られてウエハWの金属汚染、処理容器10のアルミニウム表面の浸蝕等が抑制されている。この処理容器10は、筒状のハウジング体であって、その横断面は、円形、方形、多角形状のいずれであってもよい。

この処理容器10の底部には所定厚の底板12が嵌着されていて、この底板12上にはその表面を石英で覆われた基台29が配置され、この基台29には、石英によってウエハ載置部以外を覆われた円筒状のウエハ載置台(サセプター)20が立設されている。このウエハ載置台20の略水平な上面には、被処理体であるウエハWが石英製のクランプリング21により係止されるようになっている。さらに、円筒状の載置台20の内部には冷却媒体(チラー)を収納するジャケット(あるいはパイプ)22をもつ熱交換体23が充填され、冷却媒体供給装置42より冷却管路43を介してウエハWを所定の温度、例えば20℃以下の温度に冷却するために冷却媒体がジャケット(あるいはパイプ)22内に供給され、この冷却系を循環するようになっている。

また、載置台20には、後述するように、載置したウエハWを、加熱の際に、載置台20のウエハ載置部から離間した加熱位置まで上昇させるピン駆動機構25により昇降されるウエハリフト手段24が配設されている。このウエハリフト手段24は、図2A、図2Bにそれぞれ示すように構成されていて、処理容器10の下部に配設された載置台20の基台29の下面に液圧シリンダ25(ピン駆

動機構)を配設し、そのシリンダロッド25aの先端部に馬蹄形状の支持片24bを固着する。そして、この支持片24bから半径方向内方に延出したアーム24の所定個所、例えば3カ所に上方に突出したその先端部に尖頭部をもつ支持ピン24aを立設し、支持ピン24aでウエハWを3点支持して略水平に維持する。そして、加熱ランプ19によるウエハ加熱時に、液圧シリンダ25を作動させてウエハWを前述の加熱位置まで上昇させるようになっている。

また、図1に示すように、処理容器10の底部に嵌着した底板12の周縁部には、例えば4個の排気管40が設けられていて、これらの排気管40にそれぞれ接続された真空ポンプ等の排気手段41により処理容器10内の真空引きを可能にしている。

一方、処理容器10の上部には、アルミニウム材からなる頂板11が固着されていて、Oリング等のシール部材17を介してフランジ部16をもつ石英製のドーム(覆い)15が配設されている。このドーム15は、石英製のプラズマ形成管30と一体に形成されているので、それらを支えるための機械的強度が十分とれるものであればよく、その形状は、ドーム形状のものだけでなく、平坦な石英板でもよい。

なお、シール部材17が配設されたシール部には圧力センサ等が配置されて、シール部の締付圧力やシール部からのガス漏洩防止のための監視を行うようにしてある。

さらに、ドーム15の上方には、ウエハWをその上方から加熱して、ウエハW上のC1F<sub>3</sub>ガスを活性化するための多数の加熱ランプ19が配設されている。これらの加熱ランプ19は急速昇温を可能とするためハロゲンランプ等からなり、これらの加熱ランプ19から放出される熱線が透明な石英製のドーム15を透過して、前述の加熱位置まで上昇されたウエハWの表面に入射してウエハWを所定の温度、例えば150℃以下の温度、に加熱するようになっている。

さらに、加熱ランプ19群は、金属等からなるカバー18により覆われていて、加熱ランプ19から外部への熱線及び光線を遮断するとともに、石英製のドーム15が仮りに破損してもC1F<sub>3</sub>やH<sub>2</sub>等のクリーニングガス及び還元ガスの外部への拡散、溢出を防ぐようにしてある。

なお、 $\text{ClF}_3$  ガスを活性化するための手段として、紫外線を照射するための光源を用いてもよい。

また、処理容器 10 の側壁には、ウエハ W の搬出入時に開閉されるゲートバルブ 10 a が設けられて、接続される搬送室とその開放時に連通するようになっている。ゲートバルブ 10 a の内面も石英被覆保護されている。

さらに、還元ガスを導入しプラズマ化するための石英製のプラズマ形成管 30 が同じく石英からなるドーム 15 の上部中央に溶融接合等により一体化して連結されてドーム 15 の中央で処理容器 10 に開口している。

このプラズマ形成管 30 の上端部には、この中に還元ガスである  $\text{H}_2$  ガスを導入する還元ガス導入部 33 が接続されていて、 $\text{H}_2$  ガス源 36 から流量制御器 (MFC) 34 を介してガス通路 33 a に  $\text{H}_2$  ガスを供給して、還元ガスとして誘導コイル 35 が巻回されたプラズマ形成管 30 のプラズマ発生部へ供給するようになっている。

この誘導コイル 35 には、例えば 13.56 MHz の高周波 (RF (Radio Frequency) 波) を発生する高周波電源 32 が、インピーダンスマッチングを行う整合回路 31 を介して、接続されている。高周波電力を誘導コイル 35 に供給することにより、プラズマ発生部に供給されてくる還元ガスがプラズマ化され、活性ガス種としてプラズマ形成管 30 の開口部 30 a から処理容器 10 内に供給される。

なお、プラズマ発生源としてマイクロ波放電管を用いてもよい。

さらに、プラズマ形成管 30 の開口部 30 a の下方に、処理容器内にクリーニングガスとしての  $\text{ClF}_3$  ガスを供給する多数のガス噴出孔 26 a が (好ましくは略水平な面、すなわち載置台 20 上に載置されたウエハ W の表面に略平行な面に沿って略等間隔に配置されて) 設けられている。これらガス噴出孔 ( $\text{ClF}_3$  ガス供給部) 26 a は、導通管 26 に処理容器 10 の外壁に周設されたリング状の配管 26 b を介して接続され、この導通管 26 は、流量制御器 (MFC) 27 を介して  $\text{ClF}_3$  ガス源 28 に接続されて所定流量の  $\text{ClF}_3$  ガスを多数のガス噴出孔 26 a から処理容器 10 内に供給するようになっている。

ここで、図 1 では、これらのガス噴出孔 26 a は、処理容器 10 の内壁面から

僅かに内方に突出したパイプ状のものの先端部に開口されたものとしたが、直接、処理容器10の内壁面にガス噴出孔26aを開口させてもよい。

また、図3Aに示すように、石英製のリング状のシャワーヘッド261bを構成し、このシャワーヘッド261bに多数のガス噴出孔216aをその円周上に（好ましくはその円周上に略等間隔に配置して）下方（載置台20の方向）に向って開口し、導通管261をこのリング状のシャワーヘッド261aに接続したものを処理容器10内の所定位置に（好ましくは略水平に）配設してC1F<sub>3</sub>ガスを処理容器10内に供給するようにしてもよい。

さらに、図3Bに示すようにシャワーヘッド262bを格子状に形成して、多数のガス噴出孔262aを所定の個所に（好ましくはその格子上に略等間隔に配置して）開口させ、この格子状のシャワーヘッド262bに導通管262を接続したものを処理容器10内の所定位置に（好ましくは略水平に）配設してC1F<sub>3</sub>ガスを処理容器10内に供給するようにしてもよい。

前述のように、C1F<sub>3</sub>ガス供給手段を多数のガス噴出口を有するように構成することによって、C1F<sub>3</sub>ガスを多数のガス噴出孔からシャワー状に処理容器10内に供給し、載置台20上に載置されたウェハW上に万遍なく均等に流下させることができる。

#### 表面処理方法の構成

次に、本発明の表面処理方法の実施の形態の1例である、以上のように構成された表面処理（クリーニング）装置1を用いた表面処理（クリーニング）方法について、図4（フローチャート）に基づいて説明する。

図1に示す表面処理装置1において、まず、真空ポンプ41を作動させ、排気管40を介して真空引きすることにより、処理容器10内を真空雰囲気（例えば1～3 Torr）にする。

次に、被処理体であるウェハW1枚を、ゲートバルブ10aを開放して、隣接する、例えば真空搬送室から処理容器10内に搬入する。ウェハWを載置台（サセプター）20上に載置した後、ゲートバルブ10aを閉鎖し、クランプリング21を作動させて、ウェハWを載置台20に係止する（ステップS301）。この時、このウェハWには、例えば前工程においてコンタクトホール202（図7

参照)が形成されていて、このホール底部の表面には図5Aに示すような膜厚10~20オングストロームの自然酸化物80が発生している。

その後、 $\text{ClF}_3$  (3フッ化塩素)ガスを流量制御器(MFC)27で所定の流量に制御しつつクリーニングガス供給管26に供給する。そして、 $\text{ClF}_3$ ガスを、処理容器10内に開口した多数のガス噴出孔26aからシャワー状に供給し、載置台20上に載置されたウェハW上に万遍なく均等に流下させる(ステップS302)。

この際、図1に示す冷却媒体供給装置42を作動させて、冷却媒体(例えば、エチレングリコール)を載置台20内に供給して載置台20を冷却し、載置台20上のウェハを冷却する。載置台20上のウェハWは冷却してあるので、この冷却により、ウェハWへの $\text{ClF}_3$ ガスの吸着が促進され、ウェハW上に $\text{ClF}_3$ ガスが良く吸着する(ステップS303)。発明者の実験によると、ウェハWの表面温度が100℃以下の温度領域では、 $\text{ClF}_3$ は殆んど分解せず、若干量がウェハWの表面に吸着するだけである。これに対して、ウェハWの表面温度が低い場合には、 $\text{ClF}_3$ の吸着量が増える。従って、 $\text{ClF}_3$ ガスをウェハWの表面に効率良く吸着させるために、ウェハWの表面温度を20℃以下の温度に冷却する。このようにして、図5Bに示すように、ウェハW上に $\text{ClF}_3$ ガス81を吸着させる。

次いで、処理容器10内への $\text{ClF}_3$ ガスの導入を停止する(ステップS304)。この時、処理容器10内は真空排気されている。

また、室温では、 $\text{ClF}_3$ は殆ど反応しない(自然酸化物80等が除去されず、ウェハWの表面がクリーニングされない)ので、この状態で、クランプリング21を作動させてウェハWの載置台20への係止を解除し、ウェハリフト手段24を駆動させてウェハWを前述の加熱位置まで上昇させる(ステップS305)。そして、加熱手段の加熱ランプ19を点灯させ、加熱ランプ19によりウェハWの上方からその表面を加熱する。このようにして、ウェハWの温度を、室温から急速に所定の温度、例えば150℃の温度、まで上昇させる(ステップS306)。

この加熱ランプ19による150℃の温度への急速加熱によって、ウェハW上

に吸着された  $\text{ClF}_3$  ガスはその表面上で熱分解し活性化される。そして、ウェハW表面から自然酸化物80等が除去され、ウェハWの表面のクリーニングがなされる（ステップS307）。クリーニング後、加熱ランプ19を消灯させる（ステップS308）。

このように、 $\text{ClF}_3$  ガスを用いてウェハW表面をクリーニングした後は、図5Cに示すように、ウェハWの表面に、クリーニングに用いた  $\text{ClF}_3$  ガスに由来する塩素83が、例えばウェハWの表面を構成する原子に結合した塩素原子というかたちで、残留している。

そこで、図1に示す  $\text{H}_2$  ガス源36から流量制御器34を介してガス通路33aに  $\text{H}_2$  ガスを還元ガスとして供給する。誘導コイル35に高周波電力を供給することによって、ガス通路33aに供給された  $\text{H}_2$  ガスは、プラズマ形成管30内でプラズマ化され、活性ガス種として、プラズマ形成管30の開口部30aから処理容器10内に載置されたウェハW上に流下する（ステップS309）。そして、図5Cに示すように、この  $\text{H}_2$  還元ガス84は、ウェハW上に残留する塩素83をウェハW表面から還元作用により除去する（ステップS310）。

なお、この還元ガスによる残留塩素の除去を処理容器10以外の別のチャンバで行ってもよい。また、還元ガスをプラズマ化せずに処理容器10内に導入し、加熱ランプ19によってウェハWを所定の温度に加熱することによって、ウェハWからの残留塩素の除去を行ってもよい。

その後、還元ガスの導入を停止する（ステップS311）。この時、処理容器10内は真空排気されている。

最後に、図1に示すゲートバルブ10aを開放して、表面のクリーニングが終了したウェハWを処理容器10内から搬出し、例えば、隣接する真空搬送室に戻す（ステップS312）。その後、ゲートバルブ10aを閉鎖した後に、次工程、例えば、真空搬送室に隣接する加熱室へウェハWを搬送ロボット等により搬入する。

上述の表面処理方法では、ウェハWの表面に  $\text{ClF}_3$  ガスを供給して、ウェハWの表面に  $\text{ClF}_3$  ガスを吸着させ、 $\text{ClF}_3$  ガスのウェハWの表面への供給を停止した後に、ウェハWの表面に吸着した  $\text{ClF}_3$  ガスを用いてウェハWの表面

をクリーニングするようにした。そのため、反応する $\text{ClF}_3$ の量をウエハの表面に吸着した量かそれ以下に制限して、 $\text{ClF}_3$ ガスによる反応の進行度合を制御することができ、ウエハW上に形成されている絶縁膜や金属配線膜等が過度にエッチングされることを抑制することができる。

また、ウエハWの表面温度を $20^\circ\text{C}$ 以下の温度に冷却して、ウエハWへの $\text{ClF}_3$ ガスの吸着を促進しているため、 $\text{ClF}_3$ ガスをウエハWの表面に効率良く吸着させることができる。

また、ウエハWを加熱する際に、載置台20のウエハ載置部から離間した加熱位置までウエハWを上昇させているので、載置台20とウエハWとの間の熱伝達が抑制され、ウエハWの加熱を効率良く行うことができる。

また、 $\text{ClF}_3$ ガスを用いてウエハWの表面をクリーニングし、ウエハWの表面に残留した、該 $\text{ClF}_3$ ガスに由来する塩素を還元ガスを用いて除去するようにしたので、該塩素によってウエハW上の金属膜等が腐蝕されることを抑制することができる。

また、還元ガスとして $\text{H}_2$ ガスを用いているので、ウエハ上の残留塩素と還元ガスとの反応生成物は揮発性の塩化水素となり、該反応生成物を容易に処理容器外に排出することができる。

なお、上述の表面処理方法は、Si上に発生した自然酸化物を除去する場合のほかに、例えば、W、Ti、Al、Ni、Co及びそれらのシリサイド上に成長した極薄い（10～20オングストローム程度）酸化物を除去する場合にも適用できる。

また、上述の表面処理方法は、コンタクトホールが形成されたウエハWの表面のクリーニングを行う場合のほかに、例えば、ビアホールが形成されたウエハWの表面のクリーニングを行う場合にも適用できる。

ウエハ支持手段の他の実施の形態

次に、ウエハ支持手段の他の実施の形態について図6A、図6Bを参照して説明する。

これらの図において、符号401は、処理容器を示す。この処理容器401の底部には、底板403が設けられており、この底板403の中心部には排気管4

05が設けられている。

一方、底板403のうち、排気管405が設けられた中心部から偏心した位置には、筒状の載置台支持部407が立設されている。この載置台支持部407には、円盤状のウエハ載置台409が固定されている。このウエハ載置台409は、その上面にウエハを載置する凹部411が形成され、この凹部411にウエハが載置されるようになっている。

また、ウエハ載置台409の内部には、この載置台を冷却するための冷媒を循環させる冷媒通路413が形成されている。この冷媒通路413は、ウエハ載置台409を均一に冷却できるようにウエハ載置台の外周部及び中心部の全域にわたって配設されている。この冷媒通路413には、一対の冷媒管路415が接続されている。この一対の冷媒管路415は、筒状の載置台支持部407の内部を通して配管され、冷媒供給手段（図示せず）に接続されている。そして、ウエハ載置台409に冷媒を供給及び排出することによって、ウエハを冷却できるようになっている。

一方、前記底板403のうち、排気管405が設けられた中心部から偏心した位置で、前記載置台支持部407から周方向に所定角度離間した位置には、ピン駆動機構417が固定されている。このピン駆動機構417は、その内部にモータ等の駆動源を有しており、この駆動源によって駆動されるロッド419を処理容器401内に突出させている。このロッド419の上端には、メインアーム421が固定されており、このメインアーム421は、この処理容器401の中心部に向かって突出して設けられている。このメインアーム421の先端には、3つのサブアーム423が設けられている。この3つのサブアーム423は、隣り合うサブアーム同士がそれぞれ120度をなすように半径方向外方に突出して形成されている。それぞれのサブアーム423の先端には、上方に突出して形成されたリフトピン425が設けられている。このリフトピン425は、ウエハ載置台に形成された孔部に挿入された状態で配設されている。このような構成において、まずピン駆動機構417内の駆動源を駆動することによって、ロッド419を上下動させる。そして、メインアーム421、サブアーム423を介してリフトピン425を昇降させることによって、ウエハ載置台409上のウエハを昇降



できるようになっている。

このウエハ支持手段にあつては、載置台支持部407、ピン駆動機構417を処理容器401の外周部に配置することによって、排気管405を底板403の中央部に設けているから、処理容器内から排気される気体の流線を処理容器の軸線に対して軸対象に形成することができる。従つて、処理容器内の雰囲気にもむらが生じるのを防止することができ、ウエハの均一な処理を行うことができる。

#### クラスタ装置の構成

以下に、本発明の表面処理装置を、搬送チャンバを介して他の処理装置（例えば金属配線形成チャンバ）と接続して構成したマルチチャンバ方式のクラスタ装置の一実施形態について説明する。

図7に示すクラスタ装置100は、本発明の処理装置の一実施形態である、図1に示す表面処理装置1を真空クリーニングチャンバ101として、真空クリーニングチャンバ101、加熱チャンバ102、1台あるいは複数台の金属配線形成チャンバ103（例えば、Al、Ti、TiN、Si、W、WN、Cu、Ta、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>、SiN等の金属配線形成を被処理体上にCVDで行うもの）、冷却チャンバ104及びロードロックチャンバ105を、それぞれゲートバルブ108を介して、内部を真空に維持することが可能な搬送チャンバ106に接続したものである。そして、搬送チャンバ106内に配設された搬送ロボット107によって、被処理体、例えば半導体ウエハを、搬送チャンバ106とそれ以外の各チャンバとの間で、非反応性雰囲気である真空中で搬送可能に構成されている。

半導体ウエハは、まずカセット内に配置された状態でロードロックチャンバ105内に搬入され、ロードロックチャンバ105内の真空引きが行われる。次に、ウエハが、ロードロックチャンバ105内から搬送チャンバ106内に1枚ずつ搬入され、搬送チャンバ106内でオリフラ合せ等のアライメントが行われる。次に、ウエハが、搬送チャンバ106内から真空クリーニングチャンバ101内に搬入されて、真空クリーニングチャンバ101内でウエハの表面のクリーニングが行われる。

次に、ウエハが、真空クリーニングチャンバ101内から搬出されて搬送チャンバ106内に搬入された後、搬送チャンバ106内から加熱チャンバ102内

に搬入され、加熱チャンバ102内で予め加熱される。

さらに、ウエハが加熱チャンバ102内から搬出されて搬送チャンバ106内に搬入された後、搬送チャンバ106内から金属配線形成チャンバ103内に搬入され、金属配線形成チャンバ103内でCVDによりAl、Ti等の金属配線が、ウエハ上に形成される。次に、ウエハが、金属配線形成チャンバ103内から搬出されて搬送チャンバ106内に搬入された後、搬送チャンバ106内から冷却チャンバ104内に搬入され、冷却チャンバ104内で冷却される。

次に、ウエハが冷却チャンバ104から搬出された搬送チャンバ106内に搬入された後、搬送チャンバ106内からロードロックチャンバ105内に搬入される。ロードロックチャンバ105内に戻された処理後のウエハは、ロードロックチャンバ105内が常圧にされた後に、ロードロックチャンバ105から搬出されるようになっている。

ここで、とくに冷却チャンバ104を配置した理由は、通常約500℃の温度にウエハが加熱される金属配線形成チャンバ103から約150℃の温度しか許容されないウエハカセットを収納するロードロックチャンバ105へ配線形成後ウエハを搬入する前に大幅なウエハの温度低下が不可欠であるからである。

なお、金属配線形成の前に、ウエハを予め加熱しておく必要がない場合には、加熱チャンバ102を省略してもよい。

上述のクラスタ装置では、ウエハ表面のクリーニングからウエハ上への金属配線形成までの連続プロセスを、途中でウエハを大気に曝すことなく行うことができるので、クリーニングから金属配線形成までの間にウエハ上に自然酸化物が発生することを防止することができる。

これにより、該連続プロセスを、例えばコンタクトホール、ビアホールが形成されたウエハに対して行くと、ホールに埋め込まれる金属とホール底との接触部の抵抗値を低くすることができる。

また、該連続プロセスを一つのクラスタ装置内で行っているので、クリーニングから金属配線形成までの時間管理が不要になるとともに、該連続プロセスを高いスループットで行うことができる。

本発明の表面処理方法及びその装置によれば、半導体素子等の製造工程におい

て用いられた場合に製品の信頼性を向上させることが可能となる。

## 請求の範囲

1. C l F<sub>3</sub> ガスを用いて被処理体の表面をクリーニングする工程と、  
前記クリーニング工程で前記被処理体の表面に残留した前記 C l F<sub>3</sub> ガスに由来する塩素を該表面から除去する塩素除去工程と、  
を有することを特徴とする表面処理方法。
2. 前記塩素除去工程が還元ガスを用いて前記塩素を前記被処理体の表面から除去する工程を有する、ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の表面処理方法。
3. 前記還元ガスが H<sub>2</sub> ガスである、ことを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の表面処理方法。
4. 前記被処理体の表面に C l F<sub>3</sub> ガスを供給して前記被処理体の表面に C l F<sub>3</sub> ガスを吸着させる吸着工程と、  
前記 C l F<sub>3</sub> ガスの前記被処理体表面への供給を停止する工程と、  
前記被処理体の表面に吸着した C l F<sub>3</sub> ガスを用いて前記被処理体の表面をクリーニングする工程と、  
を有することを特徴とする表面処理方法。
5. 前記吸着工程において、前記被処理体を 20℃以下に冷却することを特徴とする請求の範囲第 4 項に記載の表面処理方法。
6. 内部に被処理体が配置される処理容器と、  
前記処理容器内に C l F<sub>3</sub> ガスを供給する手段と、  
供給した前記 C l F<sub>3</sub> ガスを活性化する手段と、  
前記処理容器内に還元ガスを供給する手段と、  
を備えることを特徴とする表面処理装置。
7. 内部に被処理体が配置される処理容器と、  
前記処理容器内に C l F<sub>3</sub> ガスを供給する手段と、  
前記被処理体への C l F<sub>3</sub> ガスの吸着を促進する手段と、  
供給した前記 C l F<sub>3</sub> ガスを活性化する手段と、  
を備えることを特徴とする表面処理装置。

8. 前記処理容器内に設けられ、前記被処理体を載置する載置台を備えることを特徴とする請求の範囲第7項に記載の表面処理装置。

9. 前記被処理体へのC l F<sub>3</sub>ガスの吸着を促進する手段が、前記載置台に内设され、かつ該載置台上に載置された前記被処理体を冷却する手段である、ことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の表面処理装置。

10. 前記C l F<sub>3</sub>ガスを活性化する手段が前記載置台の被処理体載置部から離間した加熱位置で前記被処理体を加熱する手段であることを特徴とする請求の範囲第9項に記載の表面処理装置。

11. 前記被処理体載置部と前記加熱位置との間で前記被処理体を昇降させる手段を備える、ことを特徴とする請求の範囲第10項に記載の表面処理装置。

12. 請求の範囲第6項から第11項のいずれか1項に記載の表面処理装置と、

内部を非反応性雰囲気に維持することが可能であり、かつ前記表面処理装置との間で被処理体を非反応性雰囲気中で搬送可能に設けられた搬送チャンバと、

前記搬送チャンバとの間で被処理体を非反応性雰囲気中で搬送可能に設けられた1個あるいは複数個の他の処理装置と、  
を備えることを特徴とするクラスタ装置。

13. 前記他の処理装置が被処理体上に金属配線を形成するための金属配線形成チャンバである、ことを特徴とする請求の範囲第12項に記載のクラスタ装置。

1/8

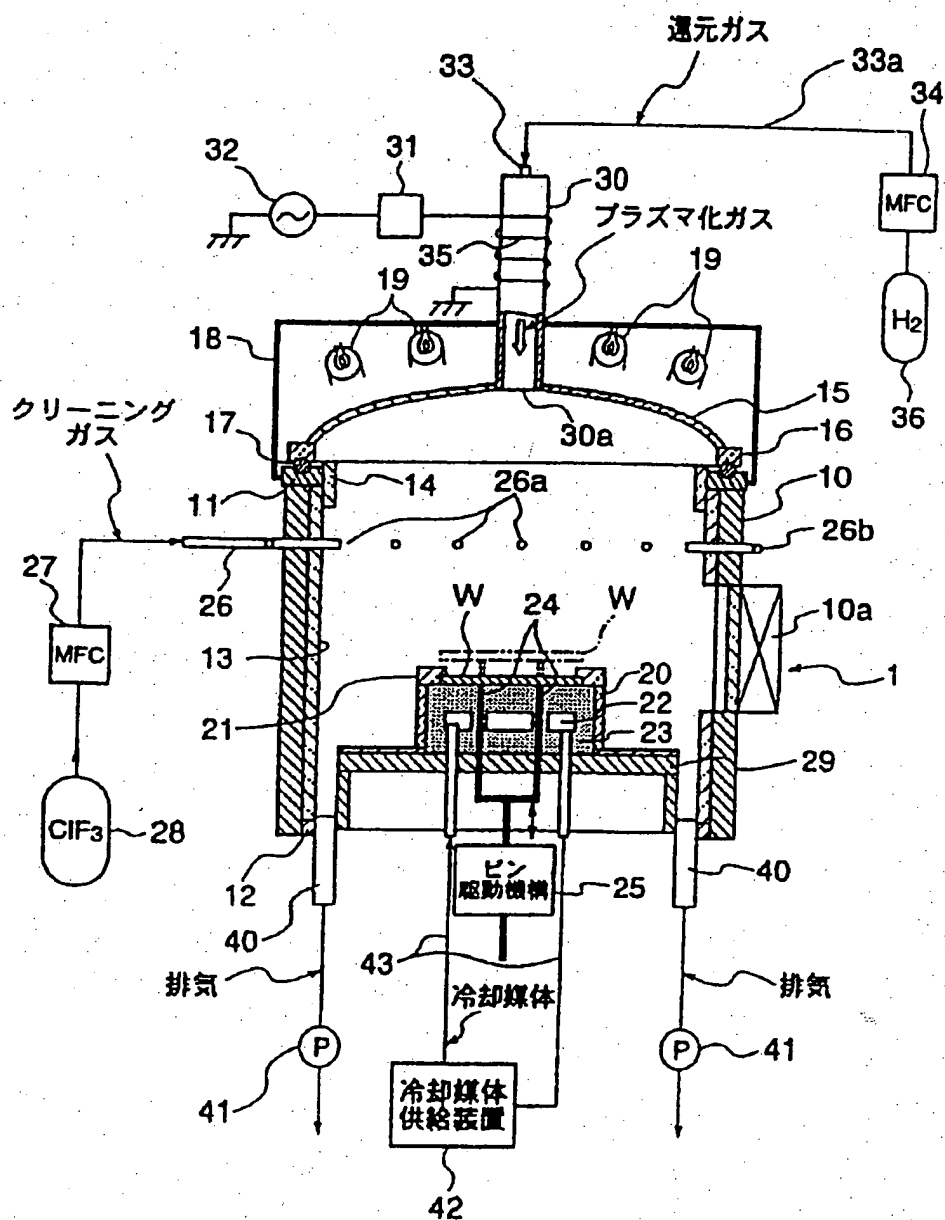


FIG. 1

2/8

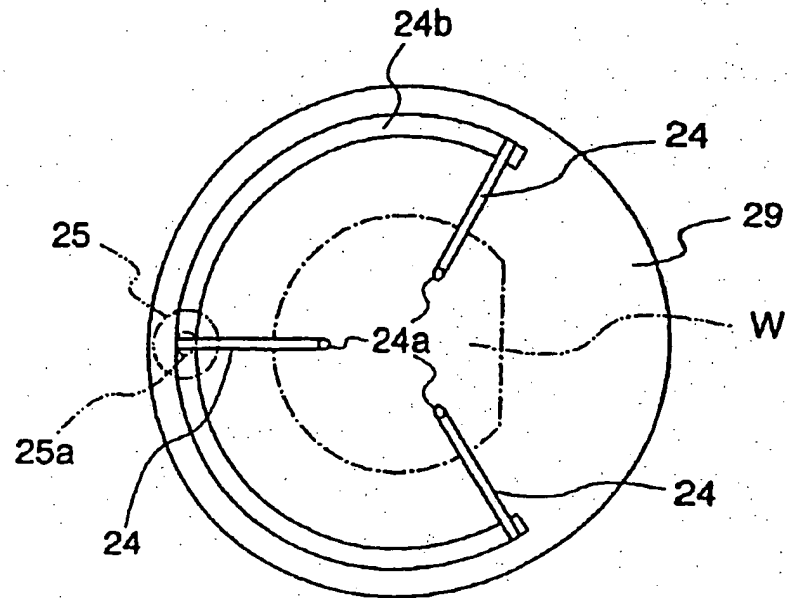


FIG. 2A

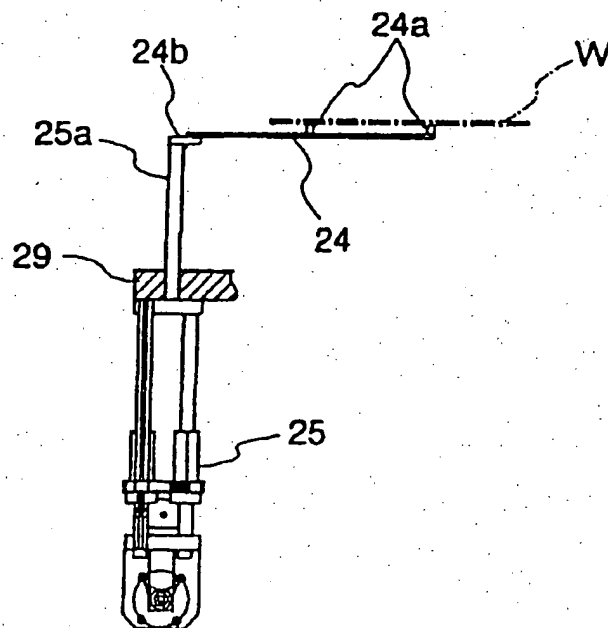


FIG. 2B

3/8

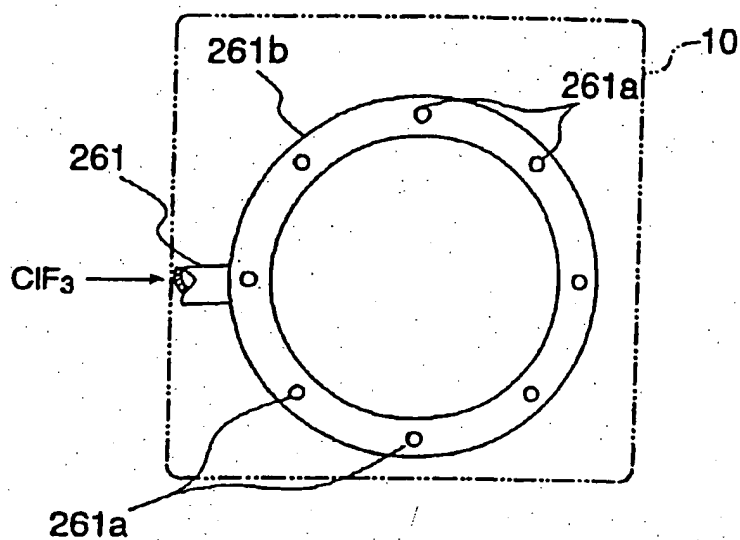


FIG. 3A

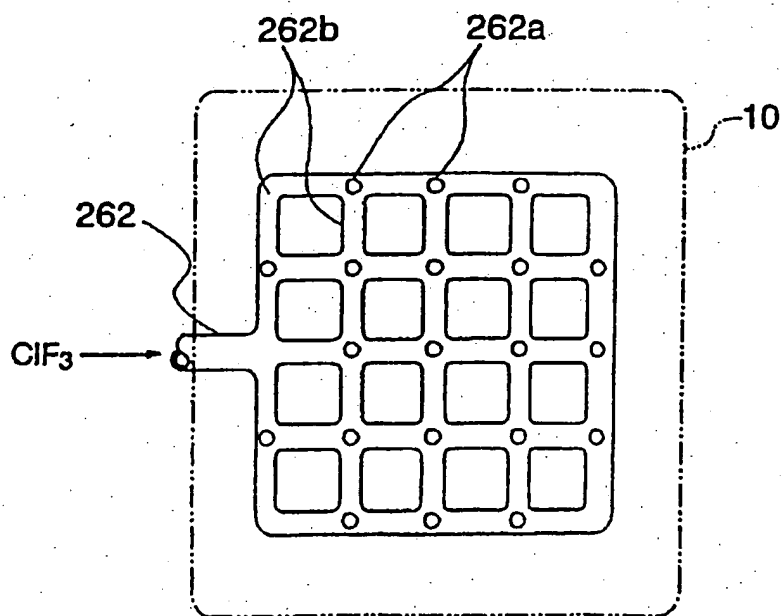


FIG. 3B



4/8

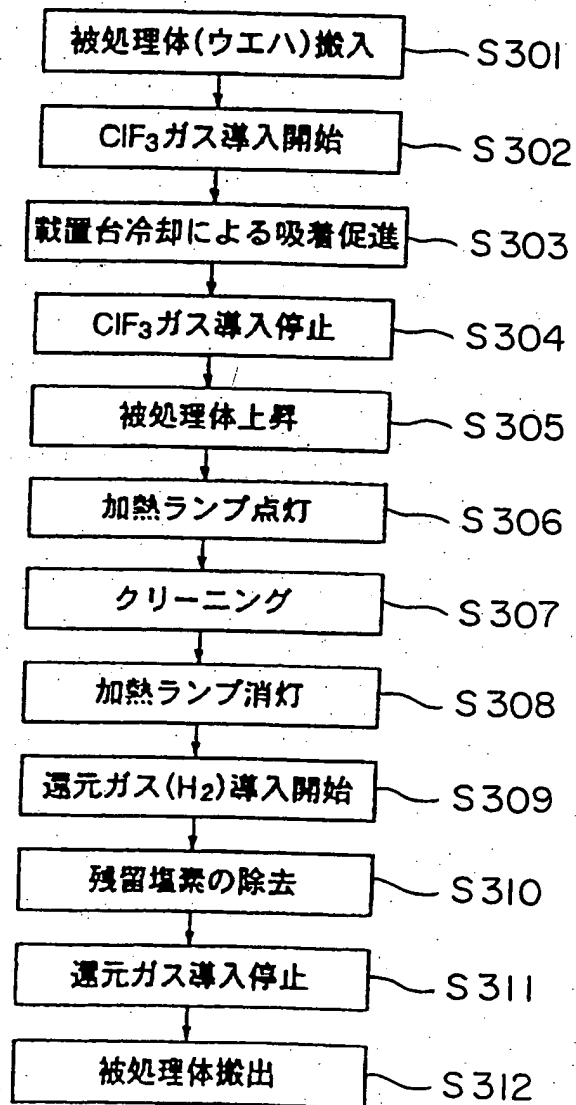


FIG. 4

5/8

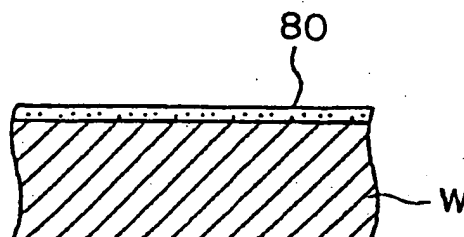


FIG. 5A

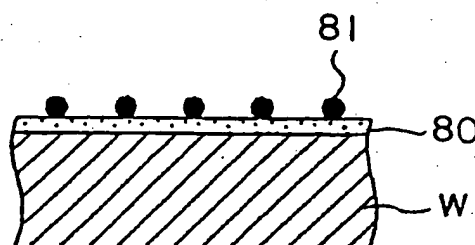


FIG. 5B

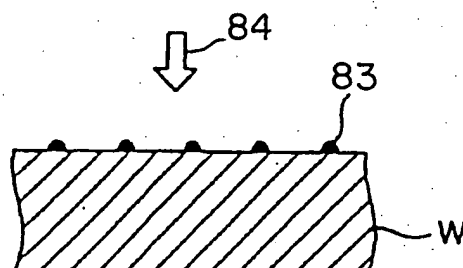


FIG. 5C

6/8

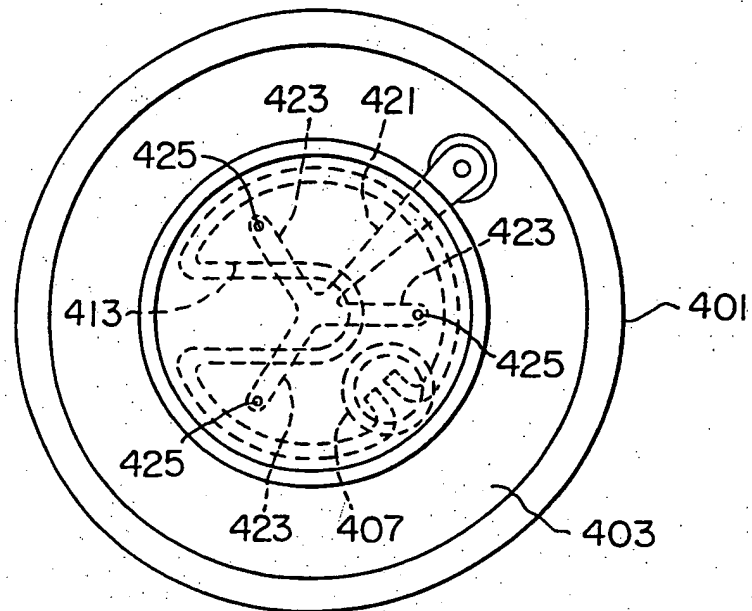


FIG. 6A

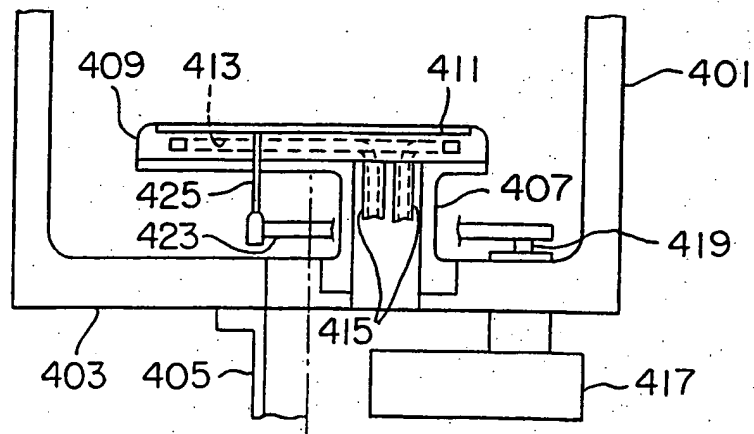


FIG. 6B

7/8

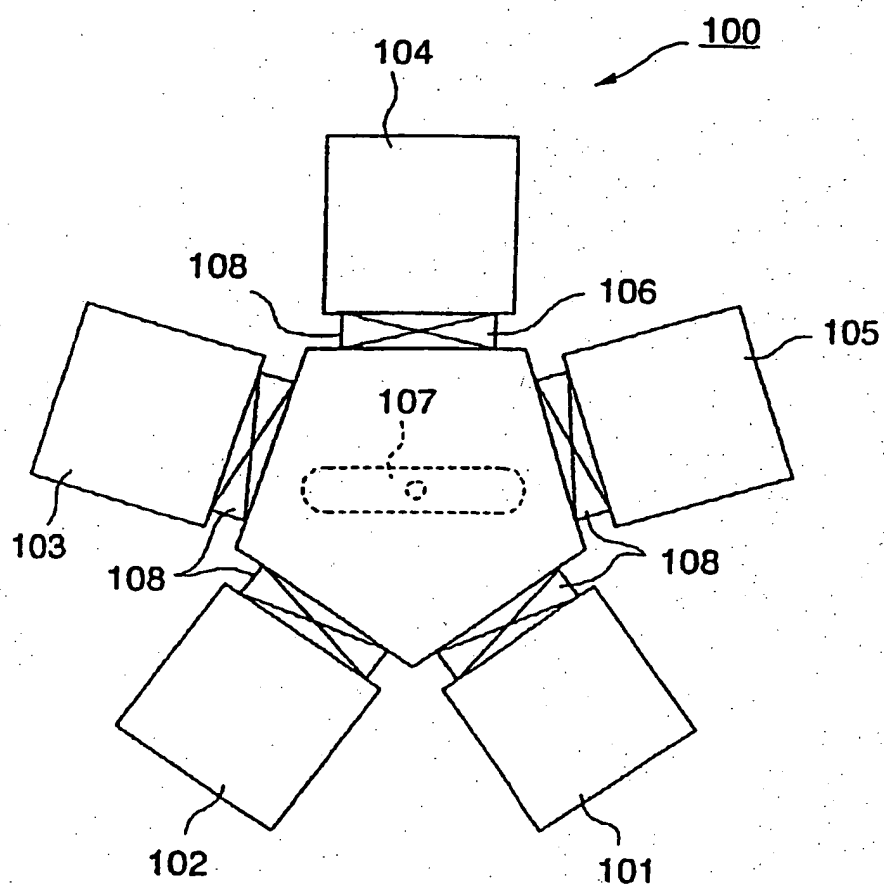


FIG. 7

8/8

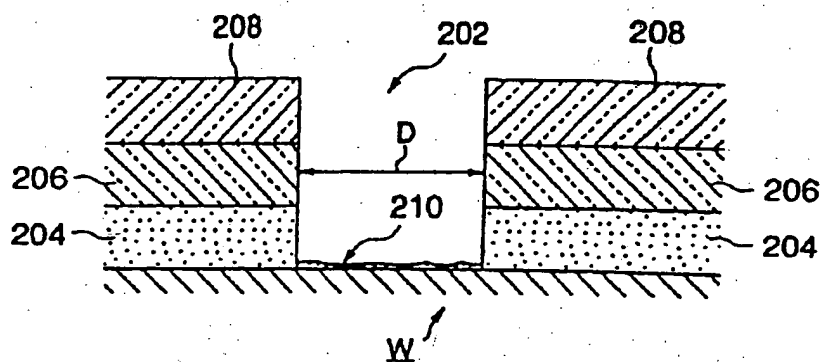


FIG. 8A

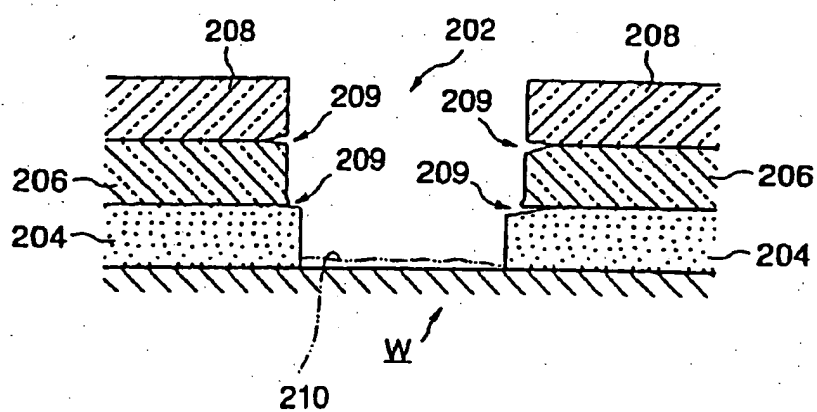


FIG. 8B